

SCI-CONF.COM.UA

EUROPEAN SCIENCE AND INNOVATION CONGRESS



**PROCEEDINGS OF VII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JUNE 1-3, 2026**

**BARCELONA
2026**

EUROPEAN SCIENCE AND INNOVATION CONGRESS

Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference

Barcelona, Spain

1-3 June 2026

Barcelona, Spain

2026

UDC 001.1

The 7th International scientific and practical conference “European science and innovation congress” (June 1-3, 2026) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2026. 433 p.

ISBN 978-84-15927-36-5

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // European science and innovation congress. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Barcelona, Spain. 2026. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-science-and-innovation-congress-1-3-06-2026-barselona-ispaniya-arhiv/>.

Editor

Komarytskyy M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: barca@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2026 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2026 Barca Academy Publishing ®

©2026 Authors of the articles

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. **Shamsiyev A., Usmonova M., Axmedova I.** 12
IMPACT OF DIFFERENT MULCHING TYPES ON THE GROWTH
AND DEVELOPMENT OF SWEET POTATO (*IPOMOEA BATATAS*)

BIOLOGICAL SCIENCES

2. **Богінська В. А., Шелюк Ю. С.** 19
ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ Р. ГУСКА ЗА ФІТОПЛАНКТОНОМ
3. **Петренко К. О.** 22
ВИКОРИСТАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ ЧАГАРНИКІВ ТА
ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН У БЛАГОУСТРОЇ РЕКРЕАЦІЙНИХ
ПУНКТІВ

MEDICAL SCIENCES

4. **Balak O. K., Vorobiei Ye. S., Balak S. O.** 25
STRESS-INDUCED CHANGES IN HUMAN MICROBIOME AND
METHODS OF THEIR NON-PHARMACOLOGICAL CORRECTION
5. **Ganushchak A. V., Motuzyuk I. M.** 30
FEATURES OF BREAST ASYMMETRY IN WOMEN
6. **Karmazina I., Kyzym S., Sheludko S.** 36
NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF BODY IMAGE AND
THEIR DISORDERS
7. **Ovcharova O. A., Bulynina O. D.** 39
PHYSIOLOGY OF ANDROGENS, THEIR EFFECT ON SEBUM
SECRETION AND ACNE EXACERBATION
8. **Герасименко О. І., Герасименко Є. О.** 43
ЗАКОНОМІРНОСТІ МЕТАСТАЗУВАННЯ РАКУ ШЛУНКА
9. **Гончаренко О. В., Жмур А. А., Завальнюк О. О., Круглова І. А.** 48
ДИНАМІКА ЗМІН НУТРИТИВНОГО СТАТУСУ У ПАЦІЄНТІВ З
ГОСТРИМ ПАНКРЕАТИТОМ В УМОВАХ ГОЛОДУВАННЯ ТА
НЕДОСТАТНЬОГО ПАРЕНТЕРАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ
10. **Жмудь Т. М., Ковальська А. Р., Ісаєнкова Л. А., Завальнюк О. О.** 50
КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК ОРГАНОЗБЕРЕЖНОГО ЛІКУВАННЯ
СПАДКОВОЇ БІЛАТЕРАЛЬНОЇ РЕТИНОБЛАСТОМИ З
ВИКОРИСТАННЯМ СУПЕРСЕЛЕКТИВНОЇ ІНТРААРТЕРІАЛЬНОЇ
ХІМІОТЕРАПІЇ
11. **Іванців О. Р., Боднарюк М. А., Білан Д. М., Турик В. Р.** 55
ОСОБЛИВОСТІ МІННО-ВИБУХОВИХ ТРАВМ НИЖНІХ
КІНЦІВОК У КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ РОСІЙСЬКО-
УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ
12. **Кихтенко О. В., Потапов С. М., Сметанюк М. Р.** 58
МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГЛІОБЛАСТОМИ

13.	Немерич О. В., Оршацька М. Р., Сизий М. Ю.	60
	ENHANCED RECOVERY AFTER SURGERY (ERAS) В ХІРУРГІЇ	
14.	Рябошанко О. М., Мамедова А. Ю., Назаренко А. С.	63
	ВИКОРИСТАННЯ СУРАЛЬНОГО КЛАПТЮ У	
	ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ	
15.	Сливка Л. В., Феденько В. В.	66
	ТРАНСФОРМАЦІЯ КОНЦЕПЦІЙ ЗДОРОВ'Я: ВІД	
	БІОМЕДИЧНОЇ ДО БІОПСИХОМЕДИЧНОЇ МОДЕЛІ В	
	УМОВАХ РОЗВИТКУ ПАЦІЄНТ-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕДИЦИНИ	
16.	Струтинська О. Б., Шваб В. В.	69
	ГЕНЕТИЧНІ НОЖИЦІ МАЙБУТНЬОГО: РЕВОЛЮЦІЯ CRISPR У	
	СВІТІ НАУКИ	
17.	Філик О. В.	71
	ПРЕМЕДИКАЦІЯ ЯК ЧАСТИНА СТРАТЕГІЇ	
	ПЕРІОПЕРАЦІЙНОГО ВЕДЕННЯ ПАЦІЄНТА	
18.	Чабаненко Є. О., Турицька Т. Г.	76
	ВПЛИВ КІНЕЗІОТЕЙПУВАННЯ НА СТРАХ РУХУ У	
	ПАЦІЄНТІВ ІЗ ХРОНІЧНИМ НЕСПЕЦИФІЧНИМ БОЛЕМ У	
	НИЖНІЙ ЧАСТИНІ СПИНИ	
19.	Чеботарьов А. В., Василенко Є. О.	78
	ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОСТІЗОМЕТРИЧНОЇ РЕЛАКСАЦІЇ У	
	ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ ПАЦІЄНТІВ ІЗ РОЗГИНАЛЬНОЮ	
	КОНТРАКТУРОЮ ПІСЛЯ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КОЛІННОГО	
	СУГЛОБА	

CHEMICAL SCIENCES

20.	Фещенко Н. В.	80
	АДСОРБЦІЙНЕ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ ВІД	
	ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ	

TECHNICAL SCIENCES

21.	Banzak H. V., Banzak O. V., Vozikova L. M., Pokhlebina T. I.	85
	DETECTOR MODELING FOR RADIATION CONTROL SYSTEMS	
22.	Fialko N., Sherenkovskiy Ju., Meranova N., Khmil D., Dashkovska I.	90
	FEATURES OF THE THERMAL STATE OF THE PARTICLE-BASE	
	SYSTEM AT THE STAGE OF PULSE PRESSURE	
23.	Gurina G., Druzhynin Ye.	97
	CHEMICALLY RESISTANT NANOCOMPOSITE MATERIALS	
	FOR THE PROTECTION OF METAL STRUCTURES	
24.	Kruglyak I. V., Soroka D. V., Kryvko R. G.	104
	PRODUCTION OF MULTI-COMPONENT SILICON-COATINGS	
	ALLOYED WITH TITANIUM UNDER SHS CONDITIONS	
25.	Lavrenko Ia.	107
	ON THE DETERMINATION OF NATURAL FREQUENCIES OF A	
	STEPPED SHAFT	

26.	Melnyk D., Chyrka Yu. AI EXPLAINABILITY IN MEDICAL APPLICATIONS	111
27.	Naboka A. V. ASSESSMENT OF THE DEFORMABILITY OF A REINFORCED CONCRETE QUAY WALL UNDER OPERATIONAL CONDITIONS	118
28.	Naboka A. V. EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE DEFORMABILITY OF A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLAB UNDER HYDROSTATIC LOADING	121
29.	Naboka A. V. EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A LONG-SPAN SADDLE-SHAPED SHELL	124
30.	Novikov A. SEIRD MODELS AS A FRAMEWORK IN DECISION SUPPORT SYSTEMS	128
31.	Бакицький Т. Д., Заводний О. О., Калякін С. В. БЕЗФАЙЛОВІ МЕТОДИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВРАЗЛИВОСТЕЙ REDIS ЯК ЗАГРОЗА ЦІЛІСНОСТІ МІКРОСЕРВІСНИХ СЕРЕДОВИЩ	136
32.	Бондар Б. С., Нєміріч О. В. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ СУХИХ ПРОТЕЇНОВО-ВІТАМІННИХ СУМІШЕЙ МЕТОДАМИ ЛІНІЙНОГО ТА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ	141
33.	Васюк Я. Є. РОЗУМНІ КОШИКИ: АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОКУПОК БЕЗ КАС ЧЕРЕЗ МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК	146
34.	Вичужанін В. В., Буберенко С. О. МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ UI/UX ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	148
35.	Домуці Д. Д., Потапова К. Р., Кучмій О. О. ЗАСТОСУВАННЯ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КУМУЛЯТИВНОЇ ВТОМИ ТА ТРАВМАТИЧНИХ РИЗИКІВ АТЛЕТІВ	150
36.	Кулініч О. М., Яремчук А. І. AI-ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОТИДІЇ ДЕЗІНФОРМАЦІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ПСИХОЛОГІЧНИМ ОПЕРАЦІЯМ	155
37.	Курас М. А., Будник М. М. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ТА АНАЛІЗУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ФІНАНСІВ НА ОСНОВІ КОМПОНЕНТНО- ОРІЄНТОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ	162
38.	Парфенюк Д. В. РОЗУМНЕ БРОНЮВАННЯ ГОТЕЛІВ: ІШІ-ПРОГНОЗУВАННЯ НАЙКРАЩОЇ ЦІНИ	167

39. **Савченко О. Р.** 171
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА ЗАЛУЧЕНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЦИФРОВОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ
40. **Шаповал Н. О.** 177
МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДИХ ТІЛ ТА ЖОРСТКОСТІ МІЖАТОМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА РІВНІ СТРУКТУРНОЇ ОДИНИЦІ
41. **Юреско Т. А.** 184
ДОСЛІДЖЕННЯ БАР'ЄРНО-БІОЦИДНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ СУДНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД БІООБРОСТАННЯ

GEOGRAPHICAL SCIENCES

42. **Kurenkov V., Kurenkov A.** 189
BIOGEOGRAPHICAL ANOMALIES ON LINCOLN ISLAND AS A REFLECTION OF 19TH-CENTURY GEOGRAPHICAL CONCEPTS IN JULES VERNE'S NOVEL «THE MYSTERIOUS ISLAND»
43. **Ус А. І.** 192
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ВОЄННОГО ТУРИЗМУ В УКРАЇНІ

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES

44. **Smierciak K., Pfeifer L. S., Buynevich I. V., Boles Z. M., Voegelé K. K., Lacovara K. J.** 196
HIGH-RESOLUTION IMAGING (2.3 GHz GPR) OF EMPLACED FOSSILS IN BIOTURBATED GLAUCONITIC K/T BOUNDARY SEQUENCES (MANTUA, NEW JERSEY, USA)
45. **Telehuz O., Medvid H., Harasymchuk V.** 202
COMPREHENSIVE HYDROGEOLOGICAL ANALYSIS AS A BASIS FOR PREDICTING THE OIL AND GAS POTENTIAL OF THE LVIV PALEOZOIC FOREDEEP

ARCHITECTURE

46. **Поплавська С. С., Сокур Є. О.** 208
АРХІТЕКТУРА НЕЙРОМЕРЕЖ: ЯК ВІН ЗМІНЮЄ ПРОЦЕС ПРОЄКТУВАННЯ ВІД ЕСКІЗУ ДО КРЕСЛЕННЯ

PEDAGOGICAL SCIENCES

47. **Башевський Є. В., Шевчик В.** 213
ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА БАКАЛАВРІВ МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА (СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПРИНЦИПИ)
48. **Давидюк Г. М., Трач О. Т.** 217
ЛОГІКО-СМИСЛОВІ МОДЕЛІ ПРИ ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

49. **Лісовська Р. К.** 223
ВИВЧЕННЯ ІТАЛІЙСЬКОЇ МОВИ МАЙБУТНІМИ ФАХІВЦЯМИ
МУЗИЧНОГО ПРОФІЛЮ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ
50. **Несторук Н. А., Васюченко П. В., Сіднєв Р. І.** 227
ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ В ПЕДАГОГІЦІ: ПРАГМАТИЗАЦІЯ
ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

PSYCHOLOGICAL SCIENCES

51. **Євдокимова М. Р.** 234
ВПЛИВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ПРОЯВИ ТРИВОЖНИХ
СТАНІВ У МОЛОДІ
52. **Карамішева Я. О., Шопіна М. М.** 243
ПСИХОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ЕМОЦІЙНОГО
ІНТЕЛЕКТУ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ
53. **Ляхович Я. В.** 246
ПСИХОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПОЛІТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ
ОСОБИСТОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА СУСПІЛЬНОЇ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ
54. **Тіора М. А., Філіпенко В. В.** 253
СИМВОЛІКА СНОВИДІНЬ У ЮНГІАНСЬКІЙ ПСИХОЛОГІЇ ЯК
ІНСТРУМЕНТ ДІАГНОСТИКИ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ
ОСОБИСТОСТІ
55. **Хоменко Л. В.** 256
ВПЛИВ БАТЬКІВСЬКОГО ВИХОВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ
САМООЦІНКИ ДИТИНИ У ПІДЛІТКІВ
56. **Цьомик Х. Б., Безсонова А. М.** 265
САНОГЕННЕ МИСЛЕННЯ ЯК ПСИХОЛОГІЧНИЙ ЧИННИК
ПОДАЛАННЯ ПРОКРАСТИНАЦІЇ
57. **Шевченко Р. П., Бондаревич С. М., Грінь А. О.** 271
ВПЛИВ ЕМОЦІЙНОГО ВИГОРАННЯ НА ВИБІР КОПІНГ-
СТРАТЕГІЙ В УМОВАХ СТРЕСУ У МОРЯКІВ

ART

58. **Гарбузенко Л. В., Волошина А. Ю.** 280
ВИТИНАНКА ЯК ПРИНЦИП ФОРМОУТВОРЕННЯ У
СУЧАСНОМУ ОБРАЗОТВОРЧОМУ МИСТЕЦТВІ
59. **Ілечко М. П.** 287
THE INFLUENCE OF PIANO TRAINING USING THE EXAMPLE
OF SUITE GENRE WORKS IN THE FORMATION OF
PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE TEACHERS OF
MUSICAL ART
60. **Касьяненко К. М., Тимошенко М. Д.** 293
ТЕМА ДУАЛЬНОСТІ ЛЮДСЬКОЇ ПРИРОДИ В ОБКЛАДИНКАХ
КНИЖКОВИХ ВИДАНЬ «ХИМЕРНА ПРИГОДА З ДОКТОРОМ
ДЖЕКІЛОМ ТА МІСТЕРОМ ГАЙДОМ»

61.	<i>Лазно В.</i> ВАЖЛИВІСТЬ ОСВІТИ В ХОРЕОГРАФІЇ НА ОСНОВІ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ДОЦЕНТА О. А. ПЛАХОТНЮКА	298
62.	<i>Мосендз О. О., Кучеренко Д. Л.</i> СТАТТЯ УКРАЇНСЬКА ЖІНКА У ВІЗУАЛЬНІЙ МОВІ СОЦІАЛЬНОГО ПЛАКАТА ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ	302
63.	<i>Мосендз О. О., Кучеренко Д. Л.</i> ПРОЄКТ СЕРІЇ СОЦІАЛЬНИХ ПЛАКАТІВ	308
HISTORICAL SCIENCES		
64.	<i>Набока С. В.</i> ОСНОВНІ СУБ'ЄКТИ, ПРОТИРІЧЧЯ ТА ВИКЛИКИ ЯВИЩА ГЛОБАЛІЗАЦІЇ НАПРИКІНЦІ ХХ – НА ПОЧАТКУ ХХІ СТ.	310
CULTUROLOGY		
65.	<i>Матузко О. А.</i> СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ІНКЛЮЗИВНИХ ТЕАТРАЛЬНИХ ПРАКТИК В ЗАХІДНІЙ КУЛЬТУРІ	317
POLITICAL SCIENCES		
66.	<i>But S.</i> PRECONDITIONS, FEATURES AND CONSEQUENCES OF THE USSR INTERVENTION IN AFGHANISTAN	323
67.	<i>Проців Б. І.</i> МІЖНАРОДНА МІГРАЦІЯ: ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	327
68.	<i>Садовий О. С.</i> ОСОБЛИВОСТІ СУПЕРЕЧЛИВИХ ВІДНОСИН МІЖ ТУРЕЧЧИНОЮ І США	331
PHILOLOGICAL SCIENCES		
69.	<i>Tutisani E.</i> THE PSYCHOLOGICAL INFLUENCE OF ADVERTISING LANGUAGE IN PRINT MEDIA	334
70.	<i>Ареф'єва Н. Г.</i> ДО СИМВОЛІКИ МЕДУ В СХІДНОСЛОВ'ЯНСЬКІЙ ФРАЗЕОЛОГІЇ	338
71.	<i>Михайленко Ю. І., Олійник А. О.</i> АНГЛІЦИЗМИ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ В УКРАЇНСЬКОМУ МОЛОДІЖНОМУ МОВЛЕННІ	344
72.	<i>Терещенко Л. В., Карпенко А. М.</i> ВПЛИВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА РОЗВИТОК УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ	350

PHILOSOPHICAL SCIENCES

73. **Firsova L. V.** 354
COMMUNICATION AND DIALOGUE PRACTICES IN THE DAY
OF DIGITALIZATION

ECONOMIC SCIENCES

74. **Amelnytska O., Parfionova D.** 359
DIAGNOSTICS OF ENTERPRISE HUMAN RESOURCE RISKS IN
THE MANAGEMENT SYSTEM
75. **Tretiak O. O., Khadzhynov I. V.** 366
THE IMPACT OF GLOBAL FINANCIAL INSTITUTIONS'
POLICIES ON THE ECONOMIC SECURITY OF STATES
76. **Богатєнкова О. Є.** 373
МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПРОГНОЗУВАННІ
ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ ПІДПРИЄМСТВ
77. **Кропив'янський А. В.** 376
ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННА СПРАВА В УМОВАХ ВОЄННОГО
СТАНУ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ
78. **Макарович В. К., Калінова М. М.** 383
НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКУ РОЗРАХУНКІВ ЗА
ВИПЛАТАМИ ПРАЦІВНИКАМ
79. **Мартин О. М., Благуца В. В.** 389
СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ В
УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА
80. **Мартин О. М., Кутень С. І.** 395
УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ НА ЗАСАДАХ
ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО ЛІДЕРСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ
ТРАНСФОРМАЦІЇ
81. **Нініаліді О. Ю.** 401
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ ФІНАНСОВОГО
УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ
82. **Перець М. В., Фрінцко Р. О.** 407
АНАЛІЗ ВИКЛИКІВ ЦИФРОВОГО БАНКІНГУ
83. **Фостолович В. А., Савченко Ю.** 410
ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ІНОЗЕМНИХ ТУРИСТІВ У ГОТЕЛЯХ УКРАЇНИ

LEGAL SCIENCES

84. **Гейда О.** 417
НАПРЯМИ РОЗВИТКУ НОТАРІАТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ
ПРАВОВОЇ РЕФОРМИ
85. **Купич І. В., Ошурко М. С.** 422
КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВА ОЦІНКА ДІЙ, ВЧИНЕНИХ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ ДІПФЕЙК-ТЕХНОЛОГІЙ: ШАХРАЙСТВО
ТА ДИСКРЕДИТАЦІЯ

86. *Лантух М.* 429
РОЗВИТОК НОТАРІАТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ
ПРАВОВОЇ СИСТЕМИ

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДИХ ТІЛ ТА ЖОРСТКОСТІ МІЖАТОМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА РІВНІ СТРУКТУРНОЇ ОДИНИЦІ

Шаповал Наталя Олександрівна,

к.т.н., доцент

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

Вступ. Наразі коефіцієнт жорсткості міжатомних зв'язків визначається через потенціал міжатомної взаємодії $P(\Delta r)$. Функціональна залежність цього потенціалу від величини зміщення атомів із положення рівноваги r_0 у структурних одиницях зазвичай обирається довільно. Для цього можуть використовуватися потенціали Леннарда–Джонса, Тейта, Морзе та інші. Кожен із них суттєво відрізняється від інших, а їх вибір переважно зумовлений необхідністю спрощення математичного опису певного фізичного явища.

Матеріали та методи. Робота виконана на базі аналізу наукових джерел інформації та проведено чисельний експеримент.

Результати обговорення. Потенціали міжатомної взаємодії можуть бути дво-, три- або чотирипараметричними, причому значення цих параметрів необхідно визначати. Пряме вимірювання таких параметрів практично неможливе, тому для їх встановлення використовують непрямі методи, засновані на побудові відповідних математичних моделей.

У даній роботі використано трипараметричний потенціал Морзе, оскільки для нього існують довідкові таблиці параметрів для багатьох металів:

$$P(\Delta r) = D(e^{-2a(r-r_0)} - 2e^{-a(r-r_0)}) \quad (1)$$

де: D – енергія дисоціації атомів даної речовини;

a – параметр, що характеризує фізичні властивості речовини;

r_0 – рівноважна міжатомна відстань у структурній одиниці;

r – поточне значення міжатомної відстані.

На основі потенціалу (1) можна отримати вирази для сили міжатомної взаємодії та коефіцієнта жорсткості міжатомних зв'язків, використовуючи відомі закони механіки:

$$F(\Delta r) = -\frac{d\Pi(\Delta r)}{d\Delta r}; \quad K(\Delta r) = \frac{dF(\Delta r)}{d\Delta r}$$

де $\Delta r = r - r_0$ – зміщення атома відносно положення рівноваги r_0 за температури (T).

Метою роботи є створення математичної моделі, яка дозволяє встановити взаємозв'язок між параметрами потенціалу Морзе (D , a , r_0) та реальними термодинамічними параметрами матеріалу.

Для цього розглянемо найпростішу структурну одиницю речовини – кубічну комірку. Відповідно до принципу адитивності структурна одиниця має ті самі фізичні властивості, що й макроскопічний зразок речовини, оскільки останній складається із сукупності таких одиниць. Отже, стан структурної одиниці може бути описаний тими самими термодинамічними параметрами, що й стан усього твердого тіла.

Розглянемо уявний експеримент. Зразок матеріалу розміщується між двома масивними опорами, відстань між якими дорівнює l_0 . Вважаємо відомими такі характеристики зразка: l_0 – початкова довжина, S_0 – початкова площа поперечного перерізу, C_v – питома теплоємність, ρ_0 – початкова густина; T_0 – початкова температура. Між торцевими поверхнями зразка та опорами встановлені тензометричні датчики, які забезпечують вимірювання тиску, що виникає в матеріалі.

До зразка підводиться теплота із заданою інтенсивністю $\frac{dQ}{dt}$, тоді як масивні опори підтримуються за сталої температури. Унаслідок цього температура зразка змінюється з часом відповідно до функції $T(t)$. Підвищення температури спричиняє теплове розширення матеріалу та зміну його геометричних розмірів, що, своєю чергою, викликає зростання тиску в міжатомному просторі. Тензодатчики фіксують силу взаємодії між опорами та

зразком у режимі реального часу. Це призводить до зміни міжатомних відстаней у структурних одиницях речовини за координатами x , y та z .

У розглянутому випадку відстань уздовж осі дії сили F_x не змінюється, оскільки $l_0 = \text{const}$. Тому зміни міжатомних відстаней відбуваються лише за напрямками y та z на величину $\Delta r_y = (r_y - r_0)$, $\Delta r_z = (r_z - r_0)$.

Необхідно встановити динамічний взаємозв'язок між термодинамічними параметрами P , V , T , C_v та характеристиками міжатомної взаємодії-потенціалом $\Pi(\Delta r)$, силою $F(\Delta r)$ і коефіцієнтом жорсткості міжатомних зв'язків $K(\Delta r)$.

Для переходу до нульових початкових умов у диференціальних рівняннях, що описують зміну параметрів із часом, будемо використовувати прирости величин ΔT , ΔP , Δr , $K(\Delta r)$, ΔV , C_v .

У загальному вигляді будь-який параметр можна подати як $f(t) = f_0 + \Delta f(t)$.

Встановимо взаємозв'язок між деформаціями за координатами x , y , z , використовуючи закони збереження маси та енергії.

Із закону збереження маси визначимо залежність між $\Delta r_x(t)$, $\Delta r_y(t)$, $\Delta r_z(t)$, враховуючи, що за умови $r_0 = \text{const}$, $\Delta r_x(t) = 0$, а через симетрію структурної одиниці $\Delta r_y(t) = \Delta r_z(t)$.

Деформації $\Delta r_y(t)$ та $\Delta r_z(t)$ викликають появу сил міжатомної взаємодії вздовж відповідних координатних осей. Дія цих сил призводить до збільшення об'єму структурної одиниці $\Delta V = r_0(r_0 + 2\Delta r_x)(r_0 + 2\Delta r_z) - r_0^3 = 4r_0^2\Delta r_y$.

У такому випадку сили міжатомної взаємодії можуть бути виражені через коефіцієнт жорсткості міжатомних зв'язків $K(\Delta r)$:

$$f_y(\Delta r_y) = K(\Delta r_y)\Delta r_y ; f_z(\Delta r_z) = K(\Delta r_z)\Delta r_z$$

Підставляючи до цього виразу коефіцієнт жорсткості, отриманий через параметри потенціалу Морзе (1), одержуємо аналітичний вираз для сил міжатомної взаємодії:

$$\begin{aligned} f_y(\Delta r_y) &= 2Da^2(e^{-2a\Delta r_y} - e^{-a\Delta r_y})\Delta r_y ; \\ f_z(\Delta r_z) &= 2Da^2(e^{-2a\Delta r_z} - e^{-a\Delta r_z})\Delta r_z \end{aligned} \quad (2)$$

Робота сил міжатомної взаємодії, яка виконується під час збільшення

об'єму структурної одиниці, за умови $\Delta r_y = \Delta r_z = \Delta r$, та з урахуванням сумарного зміщення атомів на величину $4\Delta r$, визначається співвідношенням

$$\Delta A = \Delta A_y + \Delta A_z = 4 \cdot Da^2 (e^{-2a\Delta r} - e^{-a\Delta r}) \Delta r_y^2 \quad (3)$$

Цей вираз характеризує енергетичні витрати системи на деформування міжатомних зв'язків. У результаті нагрівання зразка до температури $\Delta T(t)$ виникає теплове розширення, яке призводить до збільшення внутрішнього тиску в структурній одиниці:

$$\Delta P(t) = \frac{1}{K_p} \left(\beta \Delta T(t) - \frac{\Delta r(t)}{r_0} \right) \quad (4)$$

де K_p – коефіцієнт об'ємного стиску речовини;

β – коефіцієнт лінійного теплового розширення;

$\frac{\Delta r(t)}{r_0} = \delta$ – відносне зміщення атомів від положення рівноваги;

$\Delta T(t)$ – приріст температури структурної одиниці.

Приріст тиску $\Delta P(t)$ спричинений тепловим розширенням, визначається силою стиску F_x , яка компенсується силами міжатомної взаємодії $f_x = F_x$. Порівняння сили, зумовленої атмосферним тиском $P_0 = 10^5$ Па, із характерними силами міжатомної взаємодії показує, що вони відрізняються приблизно на шість порядків. Тому вплив атмосферного тиску на структурну одиницю можна не враховувати.

З урахуванням цього приріст тиску можна подати у вигляді

$$\Delta P(t) = Z f_x (\Delta \dot{r}_x) (r_0^2 + r_0 \Delta r_y)^{-1} \quad (5)$$

де $\Delta \dot{r}_x = r_0 \cdot 2\beta \Delta T(t)$ – зміщення за рахунок теплового розширення;

Z – кількість атомів на грані структурної одиниці.

Після підстановки виразів (2), (5) для сили міжатомної взаємодії отримуємо залежність між тиском та параметрами потенціалу Морзе.

$$\Delta P(t) = Z \cdot 2Da^2 (e^{-2a\Delta r(t)} - e^{-a\Delta r(t)}) \Delta \dot{r}(t) (r_0^2 + r_0 \Delta r_y)^{-1} \quad (6)$$

Для структурної одиниці робота, пов'язана зі зміною об'єму $\Delta A_T = \Delta P \cdot \Delta V$, та робота сил міжатомної взаємодії повинні взаємно компенсуватися

$$4Da^2(e^{-2a\Delta r_y(t)} - e^{-a\Delta r_y(t)})\Delta r_y^2(t) = 2Da^2(e^{-2a\Delta \dot{r}(t)} - e^{-a\Delta \dot{r}(t)})\Delta \dot{r}(t) \times \\ \times (r_0^2 + r_0\Delta r_y(t))^{-1} \cdot 4r_0^2\Delta r_y \quad (7)$$

Після спрощення одержуємо

$$(e^{-2a\Delta r_y(t)} - e^{-a\Delta r_y(t)})\Delta r_y(t) = 2(e^{-2a\Delta \dot{r}(t)} - e^{-a\Delta \dot{r}(t)})\Delta \dot{r}(t) \frac{4r_0^2}{r_0^2 + r_0\Delta r_y(t)} \quad (8)$$

Таким чином формується система рівнянь, яка встановлює взаємозв'язок між термодинамічними параметрами $\Delta V(t)$, $\Delta P(t)$ та роботою сил міжатомної взаємодії, тобто деформаціями міжатомних зв'язків $\Delta r_y(t)$ и $\Delta \dot{r}_x(t)$.

Отримані співвідношення визначають зв'язок між фізичними характеристиками структурної одиниці a , r_0 , β , $\Delta T(t)$ та деформаціями $\Delta r_x(t)$, $\Delta r_y(t)$, $\Delta r_z(t)$, з урахуванням умови $\Delta r_y = \Delta r_z$.

Рівняння, що встановлює взаємозв'язок між зміщенням атомів структурної одиниці та кількістю підведеної теплоти, отримаємо із закону збереження ентальпії:

$$C_v m_{am} \cdot Z_c \frac{d\Delta T}{dt} = \frac{dQ}{dt} + \frac{d\Delta A}{dt} \quad (9)$$

де C_v – питома теплоємність;

m_{am} – маса атома речовини;

Z_c – кількість атомів у структурній одиниці.

Останній доданок визначається через роботу сил міжатомної взаємодії. Використовуючи попередньо отримані співвідношення, потужність цих сил можна подати через коефіцієнт жорсткості міжатомних зв'язків та зміщення атомів:

$$\frac{d\Delta A}{dt} = 8Da^3(e^{-2a\Delta r_y(t)} - e^{-a\Delta r_y(t)})\Delta r_y^2(t) \frac{d\Delta r(t)}{dt} = 4K(\Delta r_y)\Delta r_y(t) \frac{d\Delta r_y}{dt} \quad (10)$$

Для замикання математичної моделі використовується рівняння взаємозв'язку між приростами температури та тиску:

$$\frac{d\Delta P(t)}{dt} = \frac{\beta}{K_p} \frac{d\Delta T(t)}{dt} \quad (11)$$

Отримана система рівнянь (1–11) встановлює взаємозв'язок між термодинамічними параметрами та зміщеннями атомів у структурній одиниці речовини. Модель дозволяє розв'язувати як прямі, так і обернені задачі з використанням експериментальних даних, визначати параметри потенціалу Морзе та обчислювати динамічний коефіцієнт жорсткості міжатомних зв'язків $K(\Delta r(t))$. Знаючи коефіцієнт жорсткості, можна визначати роботу сил міжатомної взаємодії, прогнозувати міцність матеріалу за динамічних навантажень та знаходити частоти власних коливань атомів у структурній одиниці $\omega^2 = \frac{K(\Delta r(t))}{m_{am}}$.

Для розв'язання оберненої задачі необхідно використовувати експериментальні дані, методика обробки яких наведена у відповідних роботах. Під час переходу від макроскопічних експериментальних даних до масштабів структурних одиниць із характерним розміром $\approx 10^{-10}$ м. Усі геометричні та фізичні величини повинні бути приведені до відповідних масштабних співвідношень між реальним тілом і структурною одиницею.

Висновки. У роботі розроблено математичну модель, яка встановлює взаємозв'язок між термодинамічними параметрами твердих тіл та характеристиками міжатомної взаємодії на рівні структурної одиниці речовини. На основі трипараметричного потенціалу Морзе, а також законів збереження маси, енергії та ентальпії отримано систему рівнянь, що описує взаємозалежність між температурою, тиском, об'ємом, деформаціями міжатомних зв'язків і коефіцієнтом їх жорсткості.

Показано, що зміна термодинамічного стану речовини внаслідок теплового навантаження призводить до зміни міжатомних відстаней, сил міжатомної взаємодії та динамічного коефіцієнта жорсткості міжатомних зв'язків. Запропонована модель дозволяє визначати параметри потенціалу Морзе за експериментальними даними та встановлювати їх зв'язок із макроскопічними характеристиками матеріалу.

Отримані залежності можуть бути використані для розв'язання прямих і

обернених задач фізики та механіки твердого тіла, оцінювання роботи сил міжатомної взаємодії, прогнозування міцності матеріалів за термосилових навантажень і визначення частот власних коливань атомів у структурних одиницях. Практична цінність моделі полягає у можливості переходу від експериментально визначених макроскопічних параметрів до характеристик міжатомної взаємодії на мікрорівні.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поширення запропонованого підходу для складних кристалічних ґраток, багатокомпонентних матеріалів та уточнення параметрів міжатомних потенціалів на основі експериментальних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зачек І.Р., Кравчук І.М. Курс Фізики/ За ред. Лопатинського І.Є., Львів, 2003.
2. Фізика металів: Навчальний посібник / Авт. кол.: Дудчак Я. Й., Фреїн Д. М., Чобанюк В. М., Галушак М. О. – К.: НМК ВО, 2000. 162 с.
3. Фізика твердого тіла / М. Курик, В. Цмоць. – К. Вища шк., 1985.-343с.
4. Зиман З. З. Основи структурної кристалографії: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. – 212 с.
5. Tewary V. K., Yang B. A parametric interatomic potential for graphene // Physical Review B. 2009. Vol. 79, No. 7.
6. Nguyen D. B., Trinh H. P. High-pressure study of thermodynamic parameters of diamond-type structured crystals using interatomic Morse potentials // Journal of Engineering and Applied Science. 2021. Vol. 68.
7. Girifalco L. A. Statistical Mechanics of Solids. New York : Oxford University Press, 2000. 656 p.